УДК 681.7.062.2

В. И. ПАТЛАН, И. С. РАЗУВАЕВА

(Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова,   
Санкт-Петербург)

**СКАНИРУЮЩЕЕ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЕ МИКРОЗЕРКАЛО НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА**

*Современные тенденции технологического развития общества ведут к миниатюризации разрабатываемых устройств. Примером данного направления являются микроэлектромеханические системы, которые могут использоваться в лидарных системах для обнаружения и определения дальности объектов. В статье рассматривается возможность создания широкоапертурного сканирующего микрозеркала.*

**Введение.** С 18-ого века, когда произошла промышленная революция, человечество стало активно стараться упростить – автоматизировать – свою жизнь. Суть автоматизации в передаче функций управления и контроля от человека к механизму. Одним из самых активных направлений автоматизации в современной жизни являются беспилотные технологии в автомобильной технике. Ключевая составляющая системы беспилотного управления – это сканирующее устройство. Чаще всего сканер представляет собой ЛИДАР (LIDAR – Light Identification Detection and Ranging – идентификация, детектирование и определение расстояния при помощи света), встроенный в беспилотный автомобиль и осуществляющий в реальном времени распознавание и анализ дорожного полотна и окружающей обстановки в заданном секторе. Одним из возможных конструктивных решений является микрозеркало, спроектированное как микроэлектромеханическая система (МЭМС). В отличие от большинства аналогичных разработок предлагаемая конструкция предполагает существенно больший угол обзора и увеличенную апертуру при малых габаритах.[[1]](#footnote-1)

**Разработка микрозеркала.** Для эффективного сканирования дорожного полотна детектор должен обладать высокой частотой сканирования, большой апертурой и широким сектором обнаружения.

Для достижения большей частоты (увеличения скорости сканирования) было решено использовать МЭМС-зеркало основанное на принципе электромагнетизма. Хотя одни из самых распространенных МЭМС основываются на термоэлектрическом принципе: из-за разницы коэффициентов линейного термического расширения двух слоев из различных материалов при нагреве происходит контролируемый изгиб – они имеют меньшие рабочие частоты, так как их работа связана с постоянной тратой времени на нагрев и охлаждение. Принцип работы разрабатываемого электромагнитного микрозеркала основан на использовании магнитного поля от двух постоянных магнитов и катушки с переменным током.

Большая апертура необходима для уменьшения паразитных сигналов, например от кристалликов льда, во время снегопада, при этом ее размер должен быть больше, чем фальшивые препятствия – снежинки. Также для сканирующего устройства важен сектор обнаружения, представляющий собой область, в которой происходит детектирование. Углы отклонения зеркала обеспечиваются прочностью и способностью материалов скручиваться под действием внешней силы и возвращаться в исходное состояние при снятии нагрузки; поэтому в качестве материала подложки был выбран кремний. На подложку напыляется отражающее покрытие, которое было выбрано золотым, так как сканер должен быть безопасным для глаз человека, то есть иметь длину волны порядка 1,5 мкм. С двух сторон от подложки отходят торсионы, которые обеспечивают наклоны зеркала.

Микрозеркало совершает колебания по закону, описываемому следующим уравнением [1]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

где: *I* – момент инерции;  – угловое ускорение; *D* – коэффициент затухания;  – угловая скорость; *K* – жесткость торсиона;  – угол отклонения.

При решении дифференциального уравнения закона движения была получена зависимость угла наклона зеркала от времени, представленная на рисунке 1.

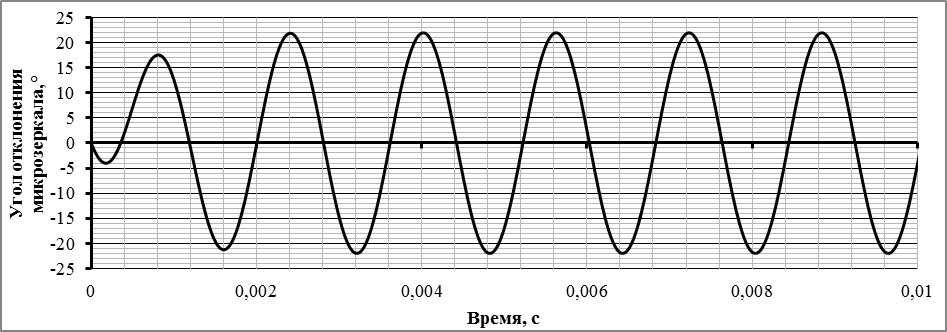


Рис. 1. Закон колебания микрозеркала

|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 2. Зависимость максимального угла отклонения зеркала от частоты колебаний | Эффективность осцилляций – величина максимального отклонения микрозеркала – зависит от частоты колебаний переменного тока. Закон колебаний, показанный на рисунке 1 характерен для зеркала, колеблющегося на резонансной частоте. Зависимость максимального угла отклонения зеркала от частоты колебаний при прочих равных параметрах представлена на рисунке 2. Внешний вид микрозеркала представлен на рисунке 3.    Рис. 3. Внешний вид микрозеркала |

**Заключение.** Разработанное микрозеркало имеет апертуру пучка 5,5 мм; при подаче на катушку микрозеркала переменного тока с частотой 622 Гц, равной резонансной частоте, полный оптический угол сканирования составляет 88° (отклонение зеркала составляет 22°). Угол отклонения зеркала не превышает максимально возможного (22,8°), рассчитанного по теории Сопротивления материалов [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Liangchen Ye, Gaofei Zhang, Zheng You. Large-Aperture kHz Operating Frequency Ti-alloy Based Optical Micro Scanning Mirror for LiDAR Application. [Текст] / Liangchen Ye, Gaofei Zhang, Zheng You // micromachines. - 2017. - 10 апреля. - 14 с.
2. Биргер И. А. Сопротивление материалов [Текст]: Учебное пособие / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.- 560 с.

V. I. Patlan, I. S. Razuvaeva (Baltic State Technical University «VOENMEH», Saint Petersburg)

**MICRO SCANNING OSCILLATING MIRROR BASED ON ELECTROMAGNETICS**

Modern technological development trends of society lead to the developed devices’ miniaturization. An example of this direction is microelectromechanical systems, which can be used in lidar systems for detecting and determining the range of objects. In this paper we discuss about the possibility of creating a large-aperture scanning micromirror.

Настоящим подтверждаю правильность перевода данного документа с русского языка на английский язык. Сведений, содержащих научно-техническую информацию, подлежащую экспортному контролю нет.

«20» февраля 2019 Патлан Валентин Игоревич

В.И. Патлан. подтверждаю

Начальник СЭК Е.Н. Чернышков

1. ***Работа выполнена самостоятельно***. [↑](#footnote-ref-1)